

휴대용 전자코에 의한 된장의 숙성정도 예측

노봉수 · 양영민 · 이택수 · 홍형기* · 권철한* · 성영권**

서울여자대학교 식품 미생물공학과

*LG 종합기술원, **고려대학교 전기공학과

Prediction of Fermentation Time of Korean Style Soybean Paste by using The Portable Electronic Nose

Bong-Soo Noh, Young-Min Yang, Taik-Soo Lee, Hyung-Ki Hong*,

Chul-Han Kwon* and Yung-Kwon Sung**

Department of Food and Microbial Technology, Seoul Women's University

*LG Corporate Institute of Technology

**Department of Electrical Engineering, Korea University

Abstract

The study is to predict fermentation time of Korean style soybean paste by portable electronic nose that has six metal oxide sensors. Korean style soybean paste using *Aspergillus oryzae* was fermented at 15°C, 20°C and 25°C. The changes of sensitivity by electronic nose, amino nitrogen and reducing sugar were observed during fermentation. Sensitivities of six metal oxide sensor were decreased with increase of fermentation time while amino nitrogen was increased. Sensor #3 and #4 showed good correlation between sensitivities of the sensors and fermentation time ($r^2=0.71-0.95$). And the good correlation between sensitivity by electronic nose and the produced amino nitrogen was shown until soybean paste was fermented. Portable electronic nose using metal oxide sensor (#3 and #4) could predict fermentation time of Korean style soybean paste.

Key words: electronic nose, soybean paste, fermentation, amino nitrogen

서 론

국민 소득이 현저히 증가됨에 따라 소비자의 식품 선택 기호가 건강 지향적인 추세를 보이고 있으며 신선하고 안전성이 확보된 식품이나 원료를 공급하고 또 구입하려는 욕구가 그 어느 때보다도 높아 가고 있다. 따라서 식품 공정에서는 엄격한 품질관리가 절실히 요구되고 있는 실정이다.

발효과정을 통하여 독특한 맛과 향기를 내는 된장, 고추장, 간장 등의 장류 식품이나 김치, 탁주, 전통주 등은 더 이상 가정에서 자급자족하는 식품이 아니며 상품화시켜 국제화하기 위해서는 엄격한 품질관리가 요구된다. 장류 발효식품의 품질관리는 관능검사와 더불어 일반성분, 아미노태질소⁽¹⁾, 향기성분⁽²⁾ 등을 분석

함으로써 예상하고 있으며 관능검사의 경우 많은 경험을 가진 관능검사원 들의 분별력이 우선시되고 있다. 휘발성 향기성분 분석의 경우 미량의 성분까지 포함하여 상당히 많은 종류(약 20~30가지)의 향이 생성되고, 정량하기가 쉽지 않을 뿐더러 사용하는 원료, 방법, 조건, 미생물 등에 따라 각기 다른 발효과정을 거쳐 각기 다른 향을 생성하므로 이들을 관리하기가 매우 어려운 실정이다. 뿐만 아니라 휘발성 향기성분들의 분석은 HPLC, GC, GC/MS 등의 고가 장비를 이용하여야 하며⁽³⁾ 전처리 과정을 거쳐야 하므로 많은 시간과 노동력이 필요할 뿐만 아니라 숙련된 작업자가 필요하여 중소기업 형태의 공장에서는 손쉽게 사용하기가 어려운 문제점을 안고 있다. 최근 센서기술의 발달로 다양한 종류의 센서들이 개발되고 있으며 이들 센서기술을 이용하면 식품, 환경 등 여러 산업적 관리 측면에서 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 전자코는 일종의 화학적 센서의 기능을 가진 것으로서 시료와 반응하여 특징적

Corresponding author: Bong-Soo Noh, Department of Food and Microbial Technology, Seoul Women's University, Seoul, 139-774, Korea

반응을 보여주는데 이 반응은 시료의 패턴을 대표할 수 있는 fingerprint라 할 수 있다⁵⁾.

오렌지 주스를 기존의 관능검사와 GC FID와 병행하여 전자코와 비교해 보았을 때 관능검사와 비슷한 결과를 보였으며⁴⁾, 맥주의 향기 성분을 전자코로 분석한 결과 다양한 시판 맥주에 대하여 전자코로 분별이 가능함을 보여주었다⁵⁾. 치즈의 독특한 향기 성분 중에서도 상대적으로 크게 영향을 미치는 향기성분의 선별이나⁶⁾, 육제품의 품질 관리⁸⁾에도 응용된 바 있다. 뿐만 아니라, 노와 고⁹⁾는 전자코로 당근, 마늘을 비롯한 농산물의 산지를 판별하여 매우 효율적으로 국내산과 수입산을 분별하였다. 이처럼 전자코 기술을 이용하여 농산물 원료의 신선도, 발효공정의 조절 등 식품 산업의 품질 관리 측면에서 유용하게 사용될 수 있을 것이다. 국내외적으로 이에 대한 실용화는 아직 미미한 정도이다.

본 연구에서는 된장을 숙성시키면서 발생하는 향기 성분을 6개의 metal oxide 센서로 구성된 전자코를 이용하여 분석하고 기존의 분석 방법인 아미노태 질소 분석결과와의 상관 관계를 토대로 된장의 숙성정도를 예측하고자 한다.

재료 및 방법

원료 및 사용 균주

된장 제조용 원료로는 콩은 시판 콩을 사용하였고, 97.0~98.0% 이상의 정제도를 갖는 소금(샘표)을 사용하였다. 균주는 한국식품개발연구원에서 보관 중인 균주 *Aspergillus oryzae*를 배양하여 사용하였다.

Koji 및 된장 제조

콩을 12시간 침지하여 물을 빼고 포에 짜서 증자관에서 0.7 kg/cm²로 40분간 증자하여 실온으로 방냉한 다음 *Aspergillus oryzae* 쌀종균 0.5%를 접종하고 일정량씩 제국 상자에 담아 살균포로 덮어 30°C에서 3일간 배양하여 코오지로 사용하였다. 증자한 쌀 2 kg, 뽕밥용 콩 4 kg, 소금 1 kg, 물 1000 mL와 코오지콩 3 kg을 혼합하여 분쇄한 다음 15, 20, 25°C로 숙성 온도를 달리하여 숙성시켰다.

환원당 및 아미노태 질소 정량

환원당은 시료 5 g을 250 mL로 정용하여 여과한 다음 여과액 10 mL를 취해 Somogy 변법¹⁰⁾으로 정량하여 glucose로서 표시하였다. 아미노태 질소는 시료 5

g을 250 mL로 정용하여 여과한 다음 여과액 25 mL를 취해 Formol법¹¹⁾으로 정량하였다.

향기 성분의 분석

본 실험에 사용된 전자코는 LG 종합기술원에서 제조한 것으로서 6개의 metal oxide sensor가 사용되었고, 센서 재질은 Table 1과 같다. 시료의 향기 분석을 위한 실험 장치는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 습도가 센서에 미치는 영향을 최소화하기 위해 실리카겔을 넣은 유리관(air filter)을 사용하여 시료의 수분함량뿐 아니라 외부 공기의 습도를 조절하였다. 시료병(325 cc)의 고무마개는 고무의 냄새가 센서에 영향을 주는 것을 막기 위해 향기성분을 흡착하지 않는 향기 분석용 비닐(PE, 영진과학)을 사용하여 고무 마개를 포장하여 사용하였다. 센서를 작동하기 위하여 scan time은 0.5초, 가열하면서 행해지는 세척시간은 10초, purging time은 30초, tuning time은 100초, 신선한 공기와 향기성분 분석시간은 15초로 하였다. 가열하면서 세척할 때의 동작 전압은 6 V, 정상상태에서의 동작 전압은 5 V로 하였다. 향을 추출하는 항온 수욕조의 온도는 사람이 일상적으로 감지하는 실내 온도(30°C)에서 행하였으며, 향추출 시간은 5분으로 하였다. 시료 채취 방법은 향기를 센서 표면까지 펌프하는 dynamic head space 방법을 취하였으며 매 시료마다 3회 반복실험을 행하였다.

된장의 주요 향기성분중¹²⁾에서 7가지를 선택하여 센서의 감응도 변화를 관찰하였다. 이때 사용된 표준품으로 2-propanol, 2-francarboxaldehyde, methylbenzene, 3-methyl 1-butanol, ethyl acetate, hydroxy-2-butanone, 2,3-butanediol을 사용하였고 모두 Sigma Chemical Co. (St. Louis, USA)로부터 구입하였다. 상기 표준품을 물 또는 용매에 녹여 0.1~1000 ppm의 양을 시료병에 첨가한 후 용매의 감응도를 보정하여 센서의 감응도를 비교하였다.

Table 1. Material for the fabrication of the metal oxide sensors in the portable electronic nose

Sensor	Materials for metal oxide sensor
# 1	WO ₃ :Pd=99:1 wt%
# 2	SnO ₂ :Pt=99:1 wt%
# 3	SnO ₂ :TiO ₂ :Sb ₂ O ₃ :Pd=84:10:5:1 wt%
# 4	(SnO ₂ :TiO ₂ :Sb ₂ O ₃ :Pd=84:10:5:1 wt%)+ Pd coating layer
# 5	ZnO:Al ₂ O ₃ =90:10 mol%
# 6	SnO ₂ :PdCl ₂ =99.9:0.1 wt%

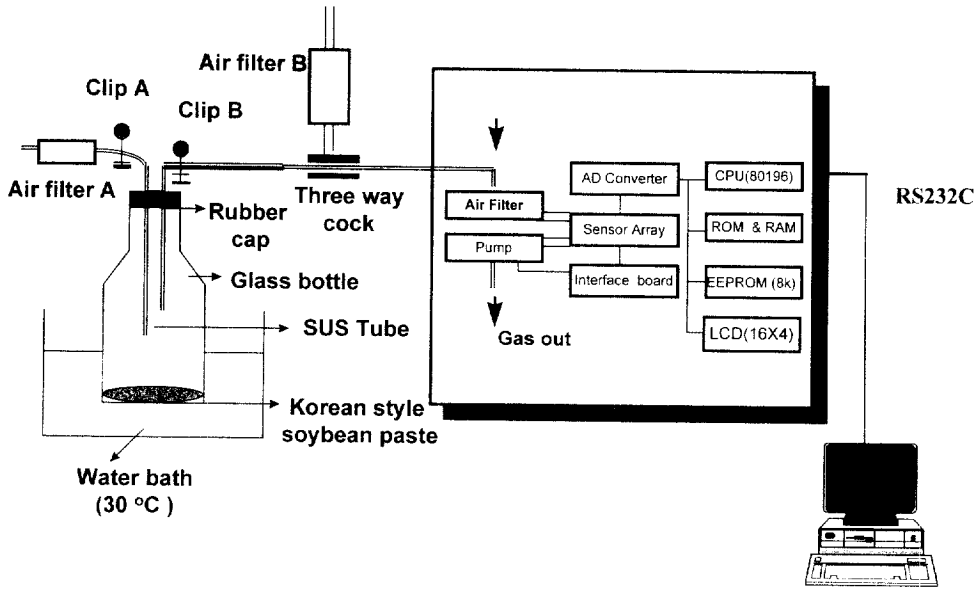


Fig. 1. Apparatus for dynamic head space analysis by the portable electronic nose.

결과 및 고찰

환원당

Fig. 2를 보면 시험 된장 모두 담금 직후에는 amylase의 활성이 미약하여 환원당의 생성이 적으나 발효가 진행됨에 따라 amylase활성이 증가하여 15°C에서 숙성시킨 된장은 30일에, 20°C에서 숙성시킨 된장은 20일에, 25°C에서 숙성시킨 된장은 21일에 당함량이 최대치를 나타내고 있다. 그 이후에는 계속 감소하는 경향을 나타내는데, 이는 미생물의 영양원이나 알콜 발효, 유기산 발효의 기질로 당이 이용되었기 때문에 환원당 함량이 감소된 것으로 생각된다. 환원당 함량의 변화를 숙성 기간과 관련짓기에는 상관 관계가 매우 낮았다.

아미노태 질소

Fig. 3에서 보는 바와 같이 아미노태 질소는 담금 직후 200 mg%에서 초기에 급격히 증가하였고 숙성이 진행됨에 따라 점점 증가하였다. 25°C에서 숙성시킨 된장은 20~30일에 최대치를 나타내고 그 이후에는 큰 변화가 없었으며, 20°C에서 숙성시킨 된장은 서서히 계속 증가하여 60~70일에 최대치를 보였으며, 15°C에서 숙성시킨 된장은 90일에 최대치를 나타내었다. 아미노태 질소는 발효 식품의 숙성도 판정에 중요한 성분으로 발효과정 중 콩 중의 단백질이 단백질 분해 효소 작용으로 가수분해되어 아미노산을 생성하며 된장의 구수한 맛을 부여한다. 아미노태 질소 함량은 숙성

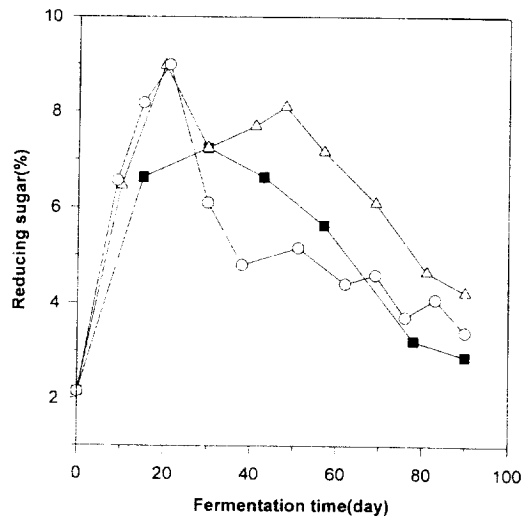


Fig. 2. Changes in reducing sugar of Korean style soybean paste during fermentation. ■—■: 15°C during fermentation, △—△: 20°C during fermentation, ○—○: 25°C during fermentation

이 진행됨에 따라 콩 중의 단백질이 분해되어 증가하는 경향을 보였다.

전자코에 의한 휘발성 성분 분석

생성된 된장의 향기성분에 대하여 전자코의 6개 센서가 보인 감응도(R_p/R_s)는 신선한 공기(R_0)에 대하여 측정하고자 하는 가스성분(R_n)이 센서에 노출되면서

발생되는 저항비율로 나타냈다. 먼저 된장의 발효기간 중 숙성되면서 형성되는 주요 향기성분중에서 7가지의 성분이 6개의 센서에 대하여 어떤 감응을 보이는가를 확인하기 위하여 0.1~1,000 ppm의 농도로 달리하면

서 관찰하였다. Table 3에서 보는 바와 같이 센서에 따라 차이를 보이지만 가스성분의 농도가 증가할수록 감응도는 상대적으로 낮은 값을 나타내었다. 특히 2-propanol 과 ethyl acetate의 경우는 센서 #3과 #4가 매우 민감한 반응을 보여주어 된장의 향기변화를 감지할 수 있을 것으로 예상되었다. Hong 등⁽¹²⁾은 이와 유사한 시스템에서 몇 개의 가스 성분에 대하여 농도별로 감응도의 차이를 감지할 수 있음을 이미 보여 준바 있다.

숙성기간중 된장의 휘발성 성분 분석

15, 20, 25°C에서 숙성시킨 된장 모두 발효가 진행

Table 2. Effect of fermentation temperature of Korean style soybean paste on changes of sensitivity at various metal oxide sensors of electronic nose

Sensor	15°C		20°C		25°C	
	Change of sensitivity ¹⁾	r ²	Change of sensitivity	r ²	Change of sensitivity	r ²
#1	-0.0078	0.8631	-0.0102	0.7795	-0.0312	0.8868
#2	-0.0085	0.7967	-0.0113	0.7127	-0.0396	0.8732
#3	-0.0703	0.9060	-0.0134	0.7097	-0.0491	0.9537
#4	-0.0113	0.9099	-0.0151	0.7243	-0.0538	0.9527
#5	-0.0048	0.6866	-0.0070	0.6071	-0.0178	0.7496
#6	-0.0074	0.7778	-0.0106	0.7021	-0.0314	0.7967

¹⁾changes of sensitivity= $\Delta(R_p/R_s)$ /fermentation time.

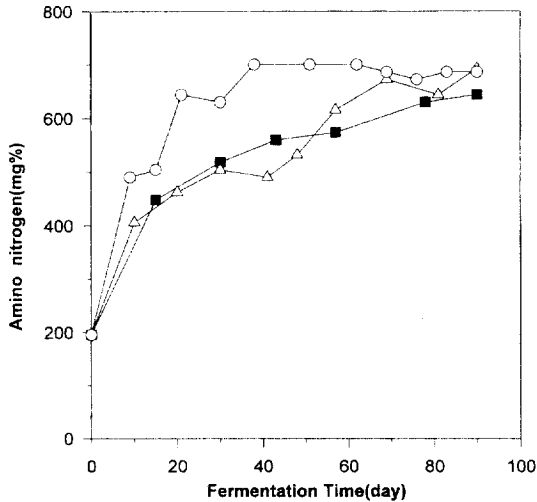


Fig. 3. Changes in amino nitrogen of Korean style soybean paste during fermentation. ■—■: 15°C during fermentation, △—△: 20°C during fermentation, ○—○: 25°C during fermentation

Table 3. Changes of sensitivity by the electronic nose for several major volatile components in Korean style soybean paste

Component	Amount (ppm)	Sensor					
		#1	#2	#3	#4	#5	#6
Ethylacetate	0.1	1.0000	0.9341	0.6450	0.6382	0.9244	0.9545
	1	1.0092	0.9392	0.2638	0.2991	0.9042	0.9396
	10	0.9650	0.8414	0.0496	0.0559	0.9150	0.9293
2-Propanol	0.1	1.0106	0.9713	0.5945	0.6541	0.9400	0.9619
	1	0.9511	0.8357	0.1055	0.1215	0.7862	0.8448
	100	0.5562	0.3082	0.0230	0.0245	0.2703	0.3227
2-Fran carbox-aldehyde	10	0.9993	0.8338	0.3799	0.3933	0.8218	0.8937
	100	0.9937	0.7998	0.2925	0.3041	0.8017	0.8641
	1000	0.9772	0.7539	0.2121	0.2243	0.8190	0.8595
Methylbenzene	10	0.9844	0.9272	0.5041	0.4721	0.9074	0.9114
	100	0.9180	0.8616	0.3640	0.3051	0.8918	0.8697
	1000	0.8829	0.8551	0.3478	0.2888	0.7172	0.1935
3-Methyl-1-butanol	0.1	1.0106	0.9546	0.6206	0.6383	0.9263	0.9458
	1	0.9974	0.9008	0.2111	0.2220	0.8852	0.9019
	10	0.9869	0.8449	0.1119	0.1161	0.8607	0.8328
Hydroxy-2-butanone	1	1.0114	0.9374	0.7444	0.7516	0.9005	0.9394
	10	1.0066	0.9223	0.7599	0.7691	0.8959	0.9547
	100	0.9998	0.8863	0.6163	0.6217	0.8162	0.8856
2,3-butanediol	1	1.0020	0.8896	0.6542	0.6559	0.8208	0.9104
	10	0.9973	0.8750	0.8553	0.8501	0.8422	0.9152
	100	0.9981	0.8937	0.5916	0.6198	0.8436	0.8954
	1000	1.0073	0.8992	0.6431	0.6559	0.8520	0.8692

됨에 따라 일정시간이 지난 후 전자코센서의 감응도가 떨어지는 것을 보여주고 있는데 숙성기간이 지남에 따라 센서 감응도가 낮아진 것은 센서와 반응하는 향기 성분이 증가하여 센서의 저항이 커지는 것을 의미한다. Table 2에서 각 센서들의 감응도 변화량(Log scale sensitivity)을 살펴보면 센서 #3, #4가 가장 큰 값을 보여 주고 있어 숙성기간이 지남에 따라 향기성분과 가장 민감하게 반응하고 있음을 나타내고 있으며, 숙성기간과 센서의 감응도 변화량간의 결정계수(r^2)를 통해 보면 역시 0.71~0.95로 높은 값을 보여 주고 있다. 이에 비하여 다른 센서들은 이보다 덜 민감한 것으로 나타났다. 따라서 된장의 향기 성분을 분석하는 센서로는 #3, #4가 적절하다고 판단 되었다.

숙성 온도에 따라서는 25°C에서 숙성기간과 센서의 감응도 변화량간의 결정계수값이 높은 것으로 보아 25°C에서 숙성이 빠른 것을 볼 수 있으며 Fig. 4, 5, 6에서 보여주는 것과 같이 숙성 온도를 달리하여 된장을 숙성시켰을 때, 15°C에서 숙성시킨 된장의 경우 숙성 80일까지 센서의 감응도가 서서히 떨어졌으며 20°C에서 숙성시킨 된장의 경우에는 55일까지 감응도가 떨어지다가 그 이후에는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 그래프 상에서는 다시 상승하는 것으로 나타났으나 log scale 값으로 초기의 변화량에 비하여 매우 적은 변화로 볼 수 있다. 25°C에서 숙성시킨 된장은 10~20일 사이에 센서의 감응도가 급격히 떨어지고 있고 20일 이후에는 큰 변화를 보이지 않았다. 발효 온

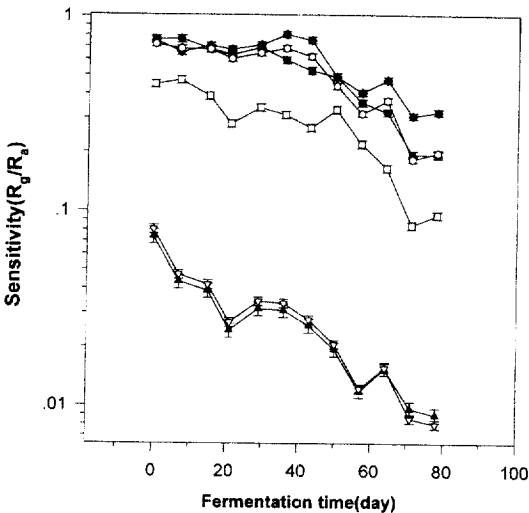


Fig. 4. Sensitivities by electronic nose for Korean style soybean paste at 15°C during fermentation. ●—●: sensor #1, □—□: sensor #2, ▲—▲: sensor #3, ▽—▽: sensor #4, ◆—◆: sensor #5, ○—○: sensor #6

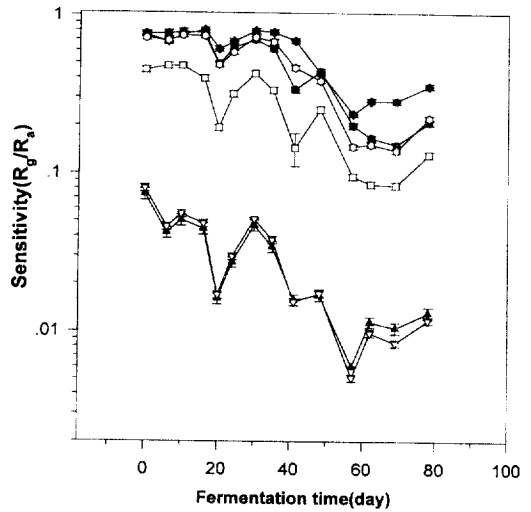


Fig. 5. Sensitivities by electronic nose for Korean style soybean paste at 20°C during fermentation. ●—●: sensor #1, □—□: sensor #2, ▲—▲: sensor #3, ▽—▽: sensor #4, ◆—◆: sensor #5, ○—○: sensor #6

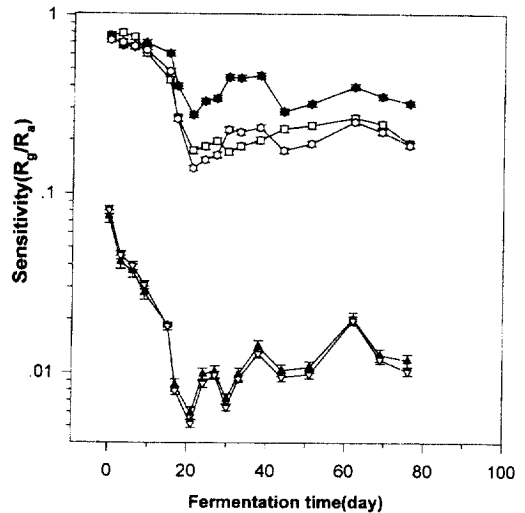


Fig. 6. Sensitivities by electronic nose for Korean style soybean paste at 25°C during fermentation. ●—●: sensor #1, □—□: sensor #2, ▲—▲: sensor #3, ▽—▽: sensor #4, ◆—◆: sensor #5, ○—○: sensor #6

도에 따라서도 센서의 감응도에 차이를 나타내어 발효 온도가 숙성에 큰 영향을 미치고 있음을 보여주고 있다.

된장의 숙성정도를 판단하는데 이용되어온 아미노태 질소함량과 전자코에 의해 감지되는 향기성분은 서로 다른 성분이라는 하나 이들 성분이 된장이 숙성되면서 증가되는 점을 고려하여 이들 성분간에 상호

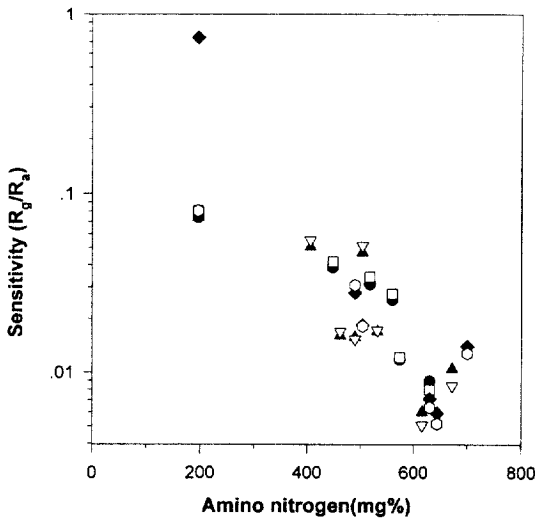


Fig. 7. Correlation of sensitivities by electronic nose and amino nitrogen content of Korean style soybean paste at 15°C, 20°C and 25°C during fermentation. ●: 15°C #3 ($r^2=0.783$, $y=-0.00193x-0.6590$), □: 15°C #4 ($r^2=0.756$, $y=-0.00205x-0.5843$), ▲: 20°C #3 ($r^2=0.674$, $y=-0.00214x-0.6234$), ▽: 20°C #4 ($r^2=0.688$, $y=-0.00242x-0.4921$), ◆: 25°C #3 ($r^2=0.891$, $y=-0.00397x+0.4876$), □: 25°C #4 ($r^2=0.790$, $y=-0.00216x-0.6424$)

상관관계를 살펴 보았을 때 Fig. 7과 같은 결과를 얻었다. 특히 25°C에서 숙성시킨 된장의 경우 전자코의 센서 감응도와 아미노태 질소 함량이 변화되는 시점이 유사하며 센서의 감응도 감소와 아미노태 질소 함량 간에는 숙성이 진행되는 과정에서는 매우 높은 상관관계를 보여주었으나 숙성이 이루어진 이후에는 상관관계가 약화되는 경향을 보여주었다. 즉, 발효과정중에 전자코로 on-line monitoring 하는 경우 숙성된 것을 파악할 수 있으나 초기부터 관찰하지 않는 경우에는 판단키 어려운 문제점이 남아 있다. 센서의 감응도 변화로써 된장의 숙성정도를 예측해 보면 15°C에서 숙성시킨 된장의 경우 숙성이 서서히 진행되어 80일 정도에 숙성이 이루어진 것으로 보이며, 20°C에서 숙성시킨 된장은 60~70일에, 25°C에서 숙성시킨 된장은 발효 초기 10일부터 급격히 발효가 진행되어 20일에 발효가 거의 완료되어 숙성 20~30일 사이에 숙성이 거의 이루어지는 것으로 보인다.

된장 제품 출하시 살균 과정을 거친 제품의 향의 변화는 본 연구에서 감지된 향기 성분과는 다를 수 있으므로 최종 제품의 유통 기간 중 품질 변화에 대한 연구는 앞으로 더 수행되어야 할 것이다. 전자코는 좋은 냄새와 나쁜 냄새를 구별하는 것이 아니며 여러 종류의 향기 성분이 발생되고 있음을 감지할 뿐 분별력이

없는 것이 문제이나 이러한 문제는 학습 과정을 거쳐 훈련된 관능 검사 요원이 지적하는 향기의 특성을 인식하도록 훈련하면 개선될 수 있을 것으로 여겨지며 이에 대한 연구가 후후 이루어져야 할 것이다.

요 약

된장의 숙성기간을 예측하기 위하여 6개의 metal oxide sensor로 구성된 휴대용 전자코를 이용하였다. *Aspergillus oryzae*를 사용하여 담금한 된장은 각각 15, 20, 25°C에서 숙성시켰다. 전자코에 의한 감응도변화량은 숙성기간에 따라 온도가 높아짐에 따라 크게 감소되었으며 센서 #3과 #4는 된장의 숙성정도와 기간 간에 높은 상관관계를 보여주었다($r^2=0.71\sim0.95$). 그리고 숙성기간중 생성되는 아미노태질소와 전자코의 감응도변화간에도 상관관계를 나타내어 휴대용 전자코로 된장의 숙성기간을 예측할 수 있었다.

문 헌

1. Ministry of Health and Welfare, Regulation and Standard of Foods, (1995)
2. Park, J.S.: Characteristics of quality and flavor components of Korean style soybean paste. *Ph. D Thesis*, Cho Sun Univ., Seoul, Korea (1992)
3. Neotronics Scientific Ltd.: An Introduction to Electronic Nose Technology. Essex. UK (1996)
4. Bazemore, R., Russell, R. and Sims, C.: Comparison of fresh squeezed orange juice analysis by electronic nose, sensory taste panel and GC FID. The 3rd Olfraction and Electronic Nose Symp., Miami, Florida (1996)
5. Timothy, C.P., Gardnert, J.W. and Friel, S.: Electronic nose for monitoring the flavour of beers. *Analyst*, **118**, 371-377 (1993)
6. Harper, W. J., Sohn S. M. and Jou, K.D. : The Role of fatty acids in the aroma profiles of Swiss cheese as determined by an electronic nose. The 3rd Olfraction and Electronic Nose Symp., Miami, Florida (1996)
7. Pisanelli, A.M., Qutob, A.A., Travers. P., Szyszko, S. and Persaud, K.C.: Application of multi array polymer sensors to food industries. *Life Chem. Reports*, **2**, 303-308 (1994)
8. Dijk, R.V.: Quality control in the meat industry using gas sensor arrays. The 3rd Olfraction and Electronic Nose Symp., Miami, Florida (1996)
9. Noh, B.S. and Ko, J.W.: Discrimination of the habitat for agricultural products by using electronic nose (in Korean). *Food Engineering Progress*, **1**, 103-106 (1997)
10. Cho, S.K.: Food Analysis (in Korean), Giku Munhwasa, p. 397-402 (1997)
11. Official Methods of Analysis, 15th edition. Association of Official Analytical Chemists. Inc., Washington, D.C., 9. (1990)

12. Hong, H.K., Shin, H.W., Park, H.S., Yun, D.H., Kwon, C.H., Lee, K.C., Kim, S.T. and Morizumi, T.: Gas identification using micro gas sensor array and neural-network pattern recognition, *Sensors and Actuators*, **B33**, 68-71 (1996)
13. Mielle, P.: Electronic nose : Towards the objective instrumental characterization of food aroma. *Trends Food Sci. Technol.*, **7**, 432-438 (1996)
14. Tetsuo, A.: Aroma discrimination by recognition analysis of responses from semiconductor gas sensor array. *J. Agri. Food Chem.*, **39**, 752-756 (1991)
15. Han, Y.M.: Studies on the soybean paste with different meju strains, *M.S. Thesis*, Seoul Women's Univ., Seoul, Korea (1987)
16. Stetter, J.R., Jurs, P.C. and Rose, S.L.: Detection of hazardous gases and vapors: pattern recognition analysis of data from an electronical sensor array. *Anal. Chem.*, **58**, 860-866 (1986)
17. Hodgins, D.: The Electronic Nose; Sensor array-based instruments that emulate the human nose. In *Techniques for Analyzing Food Aroma*, Marsili, R.(ed), Marcel Dekker Inc., New York, p. 331-341 (1997)

(1997년 11월 26일 접수)